



O PAPEL DA TERMODINÂMICA NA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

Luana De Nazaré Leite Rodrigues¹
Igor Rochaid Oliveira Ramos²
João Philipe Macedo Braga³

RESUMO

O presente trabalho foi realizado no âmbito da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), no curso de Física do Instituto de Ciências Exatas e da Natureza (ICEN). O trabalho tem o objetivo explorar a relação entre a termodinâmica e o desenvolvimento dos motores a vapor, destacar a relevância histórica, analisar o impacto econômico e promover a consciência histórica e científica. Para a realização do trabalho, foram feitas pesquisas na internet com o auxílio de sites e artigos que abordam o assunto referido neste trabalho. Após a realização deste trabalho, é esperado que o leitor tenha uma compreensão aprofundada da relação entre a termodinâmica, os motores a vapor e a Revolução Industrial, proporcionando uma visão histórica sólida, explicando como esses avanços tecnológicos moldaram esse período. Além disso, espera-se que o leitor possa reconhecer o papel fundamental dos princípios da termodinâmica no desenvolvimento e na melhoria dos motores a vapor entendendo os impactos sociais, como a urbanização e as condições de trabalho, bem como os impactos ambientais, como a poluição, que surgiram da disseminação dos motores a vapor. Educando, informando e estimulando o pensamento crítico sobre a importância e como esses conceitos históricos ainda repercutem em nosso mundo atual.

Palavras-chave: termodinâmica; motor a vapor; revolução industrial.

Universidade Internacional da Integração da Lusofonia Afro-Brasileira, ICEN, Discente, luannaleite@hotmail.com¹
Universidade Vale do Acaraú, UVA - Sobral, Docente, igorrochaid@gmail.com²
Universidade Internacional da Integração da Lusofonia Afro-Brasileira, ICEN, Docente, philipe@unilab.edu.br³



INTRODUÇÃO

A Termodinâmica teve um papel fundamental na Revolução Industrial, que ocorreu principalmente no século XIX. Durante esse período histórico de transformação econômica e tecnológica, forneceu os princípios científicos necessários para o desenvolvimento e aprimoramento de motores a vapor. Esses motores se tornaram a força e estabilidade que faltava na indústria, impulsionando máquinas e equipamentos que aumentaram significativamente a produtividade e a eficiência da produção.[1]

Os motores funcionavam com base nos princípios termodinâmicos, convertendo calor em trabalho mecânico. A compreensão desses princípios foi permitindo a construção de máquinas cada vez mais eficientes, que foram usadas em várias indústrias, como têxteis, mineração, transporte e manufatura, por exemplo. Isso levou a uma produção em massa sem precedentes e a um rápido crescimento econômico.

Além disso, desempenhou um papel vital na metalurgia e na produção de aço, que era fundamental para a construção de máquinas e infraestrutura industrial. O desenvolvimento de altos-fornos e processos metalúrgicos avançados dependia da compreensão das leis termodinâmicas para controlar as temperaturas e reações químicas envolvidas na produção de aço.

A Termodinâmica não apenas promoveu o funcionamento dos motores a vapor, mas também influenciou diretamente o progresso tecnológico em várias áreas da indústria durante a Revolução Industrial. Essa ciência permitiu a automação, o aumento da produção e a construção de uma infraestrutura industrial sólida, desempenhando um papel fundamental na transformação da sociedade e da economia.

METODOLOGIA

Este trabalho busca analisar a importância da termodinâmica na Revolução Industrial, examinando como os princípios da termodinâmica e do surgimento das máquinas a vapor desempenharam um papel fundamental na transformação das indústrias e na evolução da sociedade no século XIX. Para atingir esse objetivo, seguimos a seguinte metodologia:

1. Definição da Pesquisa:

A pesquisa começou com a definição do objetivo, que incluiu a delimitação do período da Revolução Industrial (principalmente do século XVIII ao século XIX) e a identificação dos principais avanços tecnológicos e industriais desse período que tiveram relação com a termodinâmica e do surgimento das máquinas a vapor, mostrando seus pontos positivos e negativos.

2. Coleta de Literatura e Fontes:

Realizamos uma extensa pesquisa bibliográfica de forma online, como bases de dados acadêmicos, para encontrar artigos, livros e documentos relevantes sobre a relação entre termodinâmica e Revolução Industrial.

3. Análise de Conteúdo:

Realizamos uma análise qualitativa do conteúdo das fontes selecionadas para identificar as contribuições da termodinâmica para a Revolução Industrial. Procuramos entender como os princípios termodinâmicos influenciaram o desenvolvimento de máquinas a vapor, motores, processos industriais e eficiência energética.

4. Organização e Estruturação dos Dados:

Organizamos as informações coletadas em categorias temáticas, relacionadas aos principais conceitos termodinâmicos, inovações tecnológicas e impactos sociais e econômicos da Revolução Industrial.

5. Elaboração do Trabalho:

Com base na análise de conteúdo e na estruturação dos dados, elaboramos o trabalho, incluindo a introdução, resultados e discussões e conclusão, apresentando argumentos e evidências que sustentam nossa



tese sobre a importância da termodinâmica na Revolução Industrial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As primeiras máquinas térmicas

Máquina de Savery: Conhecida como a "Bomba de Savery," foi uma inovação tecnológica que desempenhou um papel significativo no contexto da Revolução Industrial. Inventada por Thomas Savery, um engenheiro e inventor britânico, por volta de 1698, essa máquina foi um dos marcos iniciais que ajudaram a moldar a paisagem industrial do século XVIII. Foi projetada para resolver o desafio de remover a água de minas subterrâneas, um problema crescente à medida que as profundidades das minas aumentaram durante o século XVII.[3] Funcionava com base no princípio de elevar água através do uso de vácuo e pressão, pois consistia em um caldeirão que aquecia a água, criando vapor, que então era conduzido a uma câmara de vácuo. Esse vácuo fazia com que a água fosse sugada para cima, permitindo que a água fosse elevada a alturas consideráveis, tornando-a ideal para drenar minas inundadas. Superou os limites de trabalho braçal e animal da época, antes dela a remoção da água de minas subterrâneas dependia do trabalho árduo de mineiros e animais, como cavalos e bois, que eram usados para puxar baldes de água para a superfície. Foi um estímulo à exploração de recursos minerais pois sua capacidade de drenar de forma mais eficiente incentivou a exploração de depósitos minerais mais profundos, que antes eram difíceis de acessar, resultando no aumento da produção de minerais e metais impulsionando o crescimento da indústria metalúrgica e a fabricação de produtos advindos desses materiais. Embora limitada em sua eficiência, serviu como precursora das máquinas mais avançadas que surgiram naquele tempo. A compreensão dos princípios de vácuo e pressão que ele utilizou ajudou a desenvolver os motores a vapor mais poderosos, como os projetados por James Watt. Desempenhou um papel crucial ao resolver um problema prático da época e ao lançar as bases para avanços na tecnologia das máquinas. Seu impacto na mineração, na produção industrial e no desenvolvimento de máquinas mais eficientes foi fundamental para a Revolução Industrial, que revolucionou a sociedade e a economia em todo o mundo.

Máquina de Newcomen: Conhecida como a "Máquina Atmosférica de Newcomen," marcou um avanço significativo na utilização da energia a vapor para aplicações práticas. Inventada por Thomas Newcomen, um engenheiro inglês, por volta de 1712, essa máquina representou um avanço importante no caminho para a automatização e a eficiência industrial. Foi projetada com o mesmo intuito das outras, aprimorou a drenagem das minas, automatizou esse processo, tornando-o muito mais eficiente e permitindo que as minas fossem mantidas secas. Era uma máquina a vapor primitiva, que operava com base no princípio de criação e condensação de vapor. Consistia em um cilindro vertical no qual vapor era admitido, fazendo com que um pistão se movesse para cima. Quando o vapor era condensado com água fria, criava-se um vácuo, o que permitia que a pressão atmosférica empurrasse o pistão de volta para baixo. Esse movimento alternado era convertido em trabalho mecânico, movendo uma haste que, por sua vez, aciona uma bomba que fazia a drenagem da água. Não apenas solucionou o problema da drenagem de minas, mas também foi adaptada para uma variedade de aplicações, incluindo bombeamento de água para abastecimento público, acionamento de moinhos e forjamento de metal. Ajudando a impulsionar a produção industrial e a economia em geral. Embora fosse pouco eficiente, serviu como ponto de partida para o desenvolvimento de máquinas mais avançadas. Além disso, ao abrir caminho para o desenvolvimento posterior de máquinas mais avançadas, contribuiu significativamente para a transformação da sociedade e da economia que caracterizou esse período histórico de mudanças radicais.



Máquina de Watt: Vista como uma das inovações tecnológicas mais importantes da Revolução Industrial. Sua importância transcende a eficiência energética, pois não apenas revolucionou a indústria, mas também teve um impacto profundo na sociedade e na economia como um todo. O que a diferenciou de outras máquinas criadas na época foram suas características únicas. Uma das principais inovações de Watt foi o aprimoramento da eficiência da máquina a vapor, pois desenvolveu um mecanismo de condensação separada que permitia que o vapor fosse condensado em uma câmara separada, mantendo o cilindro principal aquecido.[5] Isso eliminou perdas de calor significativas e melhorou consideravelmente a eficiência da máquina em comparação com as máquinas anteriores. Introduziu um mecanismo de manivela conectado ao pistão, transformando o movimento alternativo linear em movimento rotativo. Esse movimento rotativo era ideal para acionar uma variedade de máquinas, o que ampliou as aplicações da máquina a vapor. Watt inventou um regulador de velocidade, que mantinha a rotação da máquina a vapor constante, independentemente da carga. Isso permitia o uso eficaz da máquina em várias aplicações industriais, desde fábricas têxteis até locomotivas.

Na Revolução Industrial teve imensa importância, visto que possibilitou a automação de fábricas e indústrias, levando a um aumento significativo na produção de bens, desempenhando um papel fundamental no crescimento da indústria têxtil e na expansão da produção de ferro e aço. Alimentou as primeiras locomotivas a vapor, o que revolucionou o transporte terrestre e acelerou a expansão das redes ferroviárias, permitindo o transporte rápido de mercadorias e pessoas. A disponibilidade de energia a vapor transformou as cidades e impulsionou o crescimento econômico, criando empregos e atraindo trabalhadores para áreas urbanas em busca de oportunidades de trabalho nas fábricas e nas ferrovias, estimulando o progresso científico e tecnológico. Watt não apenas melhorou a eficiência da máquina a vapor, como expandiu suas aplicações, criando as bases para o crescimento industrial e econômico. Sua contribuição para a história da tecnologia e da indústria é certamente monumental..

O impacto no meio ambiente e na condição de vida da população: Embora a termodinâmica e os motores a vapor tenham tido um impacto significativamente positivo durante a Revolução Industrial, houve pontos negativos associados a essas tecnologias e ao seu uso.[6] A queima de carvão e outros combustíveis fósseis nos motores a vapor gerava grandes quantidades de poluição atmosférica, incluindo partículas de fuligem e emissões de gases poluentes, como dióxido de enxofre. Isso teve impactos adversos na qualidade do ar e na saúde das populações urbanas. A mecanização impulsionada pelos motores levou à substituição da força de trabalho manual por máquinas em muitos setores industriais. Isso frequentemente resultava em condições de trabalho precárias, com longas jornadas de trabalho, salários baixos e falta de regulamentações de segurança, contribuindo para o surgimento de problemas sociais e de saúde. O crescimento das indústrias levou à rápida urbanização de áreas anteriormente rurais. Isso muitas vezes ocorria sem um planejamento adequado, resultando em aglomerações urbanas superlotadas, falta de infraestrutura básica e condições insalubres. Além disso, aprofundou a desigualdade econômica, com uma pequena elite de empresários e industriais acumulando riqueza substancial, enquanto muitos trabalhadores viviam em condições de pobreza. A exploração da mão de obra infantil e feminina também era comum. Aumentou a demanda por carvão e outros recursos não renováveis, levando a preocupações sobre o esgotamento desses recursos e sua contribuição para as emissões de gases de efeito estufa. A Revolução Industrial não foi apenas uma história de sucesso tecnológico, mas também trouxe uma série de desafios e consequências negativas que moldaram a sociedade e a economia da época. Vale destacar a importância de considerar tanto os aspectos positivos quanto os negativos ao examinar o impacto dessa revolução histórica.

CONCLUSÕES



As máquinas a vapor da época, representaram estágios importantes no desenvolvimento da tecnologia durante a Revolução Industrial. Cada uma delas desempenhou um papel importante ao abordar desafios específicos da época, como a drenagem de minas subterrâneas, o bombeamento de água e a automação de fábricas. No entanto, o que diferenciou a Máquina de Watt foi sua eficiência grandemente aprimorada e sua capacidade de converter o movimento linear em movimento rotativo. O que permitiu grandes aplicações industriais e desempenhou um papel essencial na transformação da sociedade, da economia e da tecnologia que caracterizou a Revolução Industrial. A Máquina de Watt é, portanto, reconhecida como uma das inovações mais influentes da história, impulsionando o progresso industrial e moldando o mundo moderno. Em conclusão, a importância da termodinâmica e dos motores a vapor na Revolução Industrial é indiscutível, mas também trouxe desafios ambientais, sociais e econômicos significativos. A análise desses pontos positivos e negativos nos permite entender melhor como essa época de transformação moldou o mundo moderno.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me ajudado a chegar até aqui e não ter me deixado desistir. Ao meu orientador pela parceria no trabalho realizado, ao ICEN - Instituto de Ciências Exatas e da Natureza e a UNILAB - Universidade Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira.

REFERÊNCIAS

- [1] MENDES, Elaine. Leis da Termodinâmica. Educa+Brasil, 2020. Disponível em: <https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/fisica/leis-da-termodinamica>. Acessado em: 24/09/2023
- [2] Eolípila. Wikipédia, 2020. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Eol%C3%ADpila>. Acessado em: 24/09/2023
- [3] Motor a vapor de Thomas Savery. Wikipédia, 2017. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Motor_a_vapor_de_Thomas_Savery. Acessado em: 25/09/2023
- [4] Motor a vapor de Newcomen. Wikipédia, 2017. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Motor_a_vapor_de_Newcomen. Acessado em: 25/09/2023
- [5] James Watt e o caminho para a Revolução Industrial. National Geographic Portugal. Disponível em: https://www.nationalgeographic.pt/historia/james-watt-e-o-caminho-para-a-revolucao-industrial_3002. Acessado em: 26/09/2023
- [6] Máquinas térmicas atuais: Pontos positivos e negativos . Disponível em: <https://nova-escola-producao.s3.amazonaws.com/vzB4FEyapcyUYygHRCCbGbHEJuvrqZ2WHByaDbTNj8K2SGeZ37ehYUTnEFpc/texto-para-impressao-sistematizacao-cie7-05me12>. Acessado em: 25/09/2023
- [7] REZENDE, Nei Rogério. História das Máquinas Térmicas e o desenvolvimento das Leis da Termodinâmica. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1OG_GDQDdZm4hValsEKad9WHpNNOgoLm2/view. Acessado em: 25/09/2023